

BEST AVAILABLE COPY

Publication No.: DE10033608
Publication Date: 2002-02-07
Inventors BRENNER CLAUS (DE); WENDLER
MARTIN (DE); DOETTLING DIETMAR (DE)
Applicant: PILZ GMBH & CO (DE)

Classification:

- International: F16P3/14; G01V8/10; F16P3/00; G01V8/10;
(IPC1-7): F16P3/14; G01V8/10
- European: F16P3/14; G01V8/10

Application No.: DE20001033608 20000711

Priority: DE20001033608 20000711

Abstract of DE10033608

Method for shielding a danger zone (20) around a machine tool (22) in which an optical chamber or area (18) is created in front of the danger zone. An artificial target (16) is placed in a fixed position outside the danger zone, with the target having the form of a defined light signal that is produced using a light source (14). The image of the target is compared with a reference value with any deviation from the reference value indicating an approaching object or person. An Independent claim is made for a device for making an area safe around a machine tool.



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 33 608 A 1

51 Int. Cl.⁷:
F 16 P 3/14
G 01 V 8/10

21 Aktenzeichen: 100 33 608.6
22 Anmeldetag: 11. 7. 2000
43 Offenlegungstag: 7. 2. 2002

DE 100 33 608 A 1

71 Anmelder:
Pilz GmbH & Co., 73760 Ostfildern, DE
74 Vertreter:
Witte, Weller & Partner, 70178 Stuttgart

72 Erfinder:
Brenner, Claus, Dr., 30655 Hannover, DE; Wendler,
Martin, 70599 Stuttgart, DE; Döttling, Dietmar,
70771 Leinfelden-Echterdingen, DE

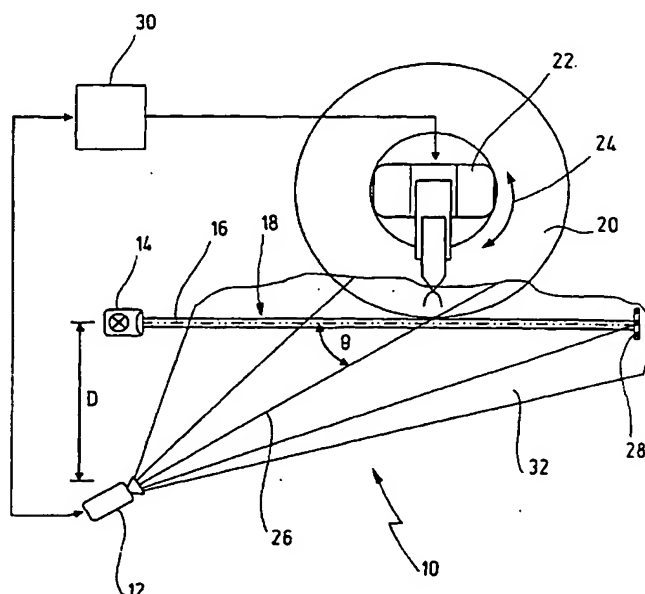
56 Entgegenhaltungen:
DE 199 38 639 A1
DE 198 09 210 A1
DE 196 44 278 A1
EP 09 02 402 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Absichern eines Gefahrenbereichs, insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine

57 Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren sowie eine Vorrichtung (10) zum Absichern eines Gefahrenbereichs (20), insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine (22), wobei vor dem Gefahrenbereich (20) eine optische Schranke (18) erzeugt wird. Die Vorrichtung beinhaltet eine Bildaufnahmeeinheit (12) sowie ein künstliches Ziel (16), das an einer definierten Position außerhalb des Gefahrenbereichs (20) angeordnet ist. Ferner ist eine Auswerteeinheit (30) vorhanden, die ein aufgenommenes Abbild des künstlichen Ziels (16) mit charakteristischen Werten eines Referenzbildes vergleicht, wobei das Referenzbild einem ungestörten Abbild des künstlichen Ziels (16) entspricht. Die erfindungsgemäße Vorrichtung (10) beinhaltet eine Lichtquelle (14), die ein definiertes Lichtsignal an eine Position außerhalb des Gefahrenbereichs (20) projiziert, wobei das definierte Lichtsignal das künstliche Ziel (16) darstellt (Fig. 1).



DE 100 33 608 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Absichern eines Gefahrenbereichs, insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine, wobei vor dem Gefahrenbereich eine optische Schranke erzeugt wird, mit den Schritten:

- Anordnen eines künstlichen Ziels an einer definierten Position außerhalb des Gefahrenbereichs,
- Aufnehmen eines Abbildes des künstlichen Ziels mit einer Bildaufnahmeeinheit, und
- Vergleichen des aufgenommenen Abbildes mit charakteristischen Werten eines Referenzbildes, wobei das Referenzbild einem ungestörten Abbild des künstlichen Ziels entspricht.

[0002] Die Erfindung betrifft des weiteren eine Vorrichtung zum Absichern eines Gefahrenbereichs, insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine, mit einer Bildaufnahmeeinheit und mit einem künstlichen Ziel, das an einer definierten Position außerhalb des Gefahrenbereichs angeordnet ist, ferner mit einer Auswerteeinheit, die ein aufgenommenes Abbild des künstlichen Ziels mit charakteristischen Werten eines Referenzbildes vergleicht, wobei das Referenzbild einem ungestörten Abbild des künstlichen Ziels entspricht.

[0003] Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind aus der DE 196 44 278 A1 bekannt.

[0004] Zum Absichern von Gefahrenbereichen, insbesondere von Gefahrenbereichen der eingangs genannten Art, werden in der industriellen Praxis bisher überwiegend Lichtschranken, Lichtgitter oder Laserscanner verwendet, häufig auch in Kombination mit mechanischen Absperrungen. Lichtschranken bestehen im wesentlichen aus einer Lichtquelle sowie einem Empfänger, die in einem Abstand zueinander angeordnet sind. Hierdurch wird zwischen der Lichtquelle und dem Empfänger eine optische Schranke aufgespannt. Ein Lichtgitter entspricht im Prinzip einer parallelen Anordnung mehrerer Lichtschranken, wodurch eine zweidimensionale, flächig ausgedehnte optische Schranke gebildet wird. Ein großer Nachteil dieser Anordnungen ist die erforderliche, in der Regel jedoch recht aufwendige Justierung, die meist weitere Hilfsmittel, wie z. B. einer Laserpointer, erfordert. Hinzu kommt, daß eine Vielzahl aktiver Elemente miteinander verdrahtet werden muß, um eine Synchronisation und korrekte Auswertung zu ermöglichen. Zum Absichern eines größeren und hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung komplexeren Gefahrenbereichs sind zudem aufwendige Lichtschrankensysteme erforderlich, die einen beträchtlichen Kostenfaktor darstellen. Ein weiterer Nachteil von Lichtschranken und Lichtgittern ist ihre geringe Flexibilität, wenn sich der abzusichernde Gefahrenbereich hinsichtlich seiner Größe und/oder Form ändert. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn mehrere abzusichernde Maschinen in einem gemeinsamen Maschinenraum auch unabhängig voneinander in Betrieb genommen werden können.

[0005] Bei einem Laserscanner wird ein Laserstrahl über einen rotierenden Spiegel in einem vorgegebenen Winkelbereich abgelenkt, wodurch eine kreisausschnittsförmige Fläche überwacht werden kann. Ein Objekt innerhalb dieser Fläche kann über ein Laufzeitmeßverfahren detektiert werden. Im Hinblick auf die vorliegende Anwendung sind hierbei die einfache Manipulierbarkeit sowie eine starke Abhängigkeit der Messung von den Reflexionseigenschaften der Meßobjekte von Nachteil.

[0006] Zur Vermeidung dieser Nachteile ist in der ein-

gangs genannten DE 196 44 278 A1 eine Überwachungseinrichtung mit einer optischen Schranke beschrieben, bei der ein künstliches Ziel in Form eines Musterfeldes an einem Ende eines Überwachungsbereichs und eine Bildaufnahmeeinheit am anderen Ende des Überwachungsbereichs angeordnet sind. Eine Auswerteeinheit überprüft, ob das von der Bildaufnahmeeinheit aufgenommene Abbild des künstlichen Ziels dem erwarteten, ungestörten Abbild des Musterfeldes entspricht.

[0007] Beim Absichern eines komplexeren Gefahrenbereichs können der Installationsaufwand und die Gerätekosten mit Hilfe dieser bekannten Anordnung spürbar reduziert werden, da an dem einen Ende der optischen Schranke nur noch das passive Musterfeld ohne Verdrahtung angeordnet werden muß. Bei einem weiträumig ausgedehnten oder auch komplex geformten Gefahrenbereich, wie er beispielsweise beim Absichern von Fertigungsstraßen mit Industrierobotern vorliegt, ist jedoch immer noch ein beträchtlicher Aufwand erforderlich, um das Musterfeld überall dort, wo es benötigt wird, anzubringen. Hinzu kommt, daß ein derartiges Musterfeld gerade in einem industriellen Fertigungsbereich einer Verschmutzung und der Gefahr von Beschädigungen unterliegt. Maßnahmen zur Beseitigung dieser Probleme, wie etwa regelmäßige Reinigungen und Sichtprüfungen, sind wiederum aufwendig.

[0008] Aus der DE 198 09 210 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen einer Szene bekannt. Die überwachte Szene kann beispielsweise der Bedienraum einer Maschine sein. Bei diesem Verfahren wird ein Abbild der gesamten Szene mit einer Bildaufnahmeeinheit aufgenommen. Das aufgenommene Abbild wird mit einem abgespeicherten Referenzbild verglichen. Der Vergleich zwischen einem Punkt des Referenzbildes und einem Punkt des aufgenommenen Abbildes der Szene erfolgt durch eine Individualisierung von Lichtstrahlen einer Lichtquelle. Beispielsweise erfolgt die Individualisierung durch zeitversetztes Ausstrahlen einzelner Lichtstrahlen, die die zu vergleichenden Punkte oder Bereiche in dem Abbild der Szene beleuchten.

[0009] Da bei diesem Verfahren stets die gesamte Szene, beispielsweise also der gesamte Bedienraum der Maschine inklusive sich bewegender Objekte, beobachtet wird, ist die Bildauswertung trotz der Individualisierung vergleichsweise aufwendig. Dementsprechend sind für eine Echtzeitverarbeitung, wie sie zum Absichern eines Gefahrenbereichs erforderlich ist, hohe Anforderungen an die Hardware zu stellen. Dies wirkt sich wiederum nachteilig auf die Kosten einer entsprechenden Vorrichtung aus.

[0010] Ein weiteres System zur optischen Überwachung eines Raumbereichs ist aus der EP 0 902 402 A2 bekannt. Auch bei diesem System wird ein aktuell aufgenommenes Abbild des Raumbereichs in eine Auswerteeinheit mit einem Referenzbild verglichen. Ein feststehendes künstliches Ziel ist bei dieser bekannten Vorrichtung jedoch ebenfalls nicht vorgesehen.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, die beim Aufbau einer optischen Schranke eine große Flexibilität bei geringem Kosten- und Installationsaufwand ermöglichen.

[0012] Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, daß das künstliche Ziel ein definiertes Lichtsignal ist, das mittels einer Lichtquelle erzeugt wird.

[0013] Die Aufgabe wird bei der eingangs genannten Vorrichtung dadurch gelöst, daß die Vorrichtung eine Lichtquelle beinhaltet, die ein definiertes Lichtsignal an eine Position außerhalb des Gefahrenbereichs projiziert, wobei das

definierte Lichtsignal das künstliche Ziel darstellt.

[0014] Das definierte Lichtsignal kann ein kontrastreiches Muster beinhalten, das beispielsweise mit einer entsprechenden Musterscheibe im Strahlengang der Lichtquelle hervorgerufen wird. Im einfachsten Fall erzeugt das definierte Lichtsignal auf einem gegebenen Hintergrund jedoch eine punkt- oder linienförmige Kontur. In jedem Fall ist es möglich, das definierte Lichtsignal und damit das künstliche Ziel für die Bildaufnahmeeinheit von einem oder gegebenenfalls wenigen zentralen Punkten aus an mehrere definierte Positionen außerhalb des Gefahrenbereichs zu projizieren. Hierdurch entfällt die Notwendigkeit, künstliche Ziele in Form von Leuchstreifen, reflektierenden Folien oder Anstrichen an diesen definierten Positionen anzubringen. Der Installationsaufwand für die erfindungsgemäße Vorrichtung ist daher nochmals beträchtlich reduziert. Zudem bietet die erfindungsgemäße Anordnung eine sehr große Flexibilität, da die künstlichen Ziele von dem oder den zentralen Punkten aus sehr leicht aktiviert bzw. deaktiviert werden können. Auch eine Beschädigung oder Zerstörung bzw. Degradationen aufgrund von Verschmutzungen sind erheblich reduziert. Dies senkt die Kosten und steigert die Zuverlässigkeit im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Des weiteren ist der Aufwand für die Bildauswertung sehr gering, da zum Aufbau der optischen Schranke nur das in seiner Struktur exakt bekannte und feststehende künstliche Ziel beobachtet werden muß. Dementsprechend einfach und kostengünstig ist die Hardware für die erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0015] Die genannte Aufgabe ist daher vollständig gelöst.

[0016] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung gibt die Lichtquelle das definierte Lichtsignal unter einem Winkel zur optischen Achse der Bildaufnahmeeinheit ab. Bevorzugt liegt der Winkel dabei in einem Bereich zwischen 0° und 90°, besonders bevorzugt im Bereich zwischen 15° und 45°.

[0017] Diese Maßnahme besitzt den Vorteil, daß zur Auswertung des aufgenommenen Abbildes das sogenannte Lichtschnittverfahren verwendet werden kann. Dieses Verfahren wird im Hinblick auf die vorliegende Erfindung nachfolgend anhand der Fig. 2 und 3 näher erläutert. Ein besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist es, daß zusätzlich zu der einfachen Detektion eines Objektes im Bereich der optischen Schranke auch die Messung der Entfernung zu diesem Objekt mit Hilfe einer Triangulation möglich ist. Darüber hinaus erzeugt ein Objekt, das die optische Schranke in diesem Fall durchbricht, häufig zwei verschiedene Lichteffekte, nämlich einerseits eine Abschattung und andererseits einen Versatz des aufgenommenen Lichtpunktes. Dies hat eine im Hinblick auf die vorliegende Anwendung vorteilhafte Redundanz zur Folge.

[0018] Die bevorzugten Winkelbereiche sind vor allem für das Lichtschnittverfahren besonders günstig, da sie eine hinreichende Veränderung in dem aufgenommenen Abbild des künstlichen Ziels erzeugen, wenn die optische Schranke von einem Objekt durchbrochen wird. Zudem ermöglichen sie, daß die Bildaufnahmeeinheit und die Lichtquelle in räumlich zueinander benachbarten Positionen installiert werden können, was wiederum den Aufwand bei der Installation reduziert.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung projiziert die Lichtquelle das definierte Lichtsignal auf einen gegebenen Hintergrund.

[0020] Dies ist bei Verwendung des Lichtschnittverfahrens nicht zwingend notwendig. Die Maßnahme besitzt jedoch den Vorteil, daß das definierte Lichtsignal auf dem gegebenen Hintergrund stets sichtbar ist, was eine interne Funktionskontrolle der erfindungsgemäßen Vorrichtung ermög-

licht. Hinzu kommt, daß auf diese Weise die bereits erwähnte Redundanz erzeugt wird, die ein Objekt beim Durchbrechen der optischen Schranke hervorruft.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erzeugt die Lichtquelle das definierte Lichtsignal flächig ausgedehnt.

[0022] Mit dieser Maßnahme wird eine zweidimensionale optische Schranke in Form eines Lichtvorhangs sehr einfach erzeugt, wodurch die Gefahr einer Umgehung der optischen Schranke erheblich reduziert ist. Die Erzeugung eines entsprechenden Lichtsignals kann beispielsweise mit einer Laserdiode erfolgen, deren Lichtpunkt mittels einer Zylinderlinse, einem Prisma, einem Mikrolinsenarray oder einem rotierenden Spiegel verändert wird. Ebenso kann das Lichtsignal mit einer langgezogenen Lumineszenzröhre erzeugt werden, deren Lichtstrahlen mit Hilfe einer Schlitzblende gebündelt werden. Auf einem gegebenen Hintergrund wird dabei eine linienförmig ausgedehnte Lichtkontur erzeugt.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung beinhaltet das definierte Lichtsignal Positionsmarken zum Bestimmen einer aktuellen Position des künstlichen Ziels.

[0024] Derartige Positionsmarken sind bevorzugt zusätzliche Lichtpunkte, die optisch getrennt von dem restlichen Lichtsignal erzeugt werden. Mit Hilfe derartiger Positionsmarken ist es sehr leicht möglich, eine exakte Kalibrierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorzunehmen. Darüber hinaus dienen solche Positionsmarken zur Verhinderung von Manipulationen an der gesamten Anordnung, etwa mit dem Ziel, die optische Schranke zu umgehen. Schließlich ist mit Hilfe derartiger Positionsmarken eine sehr einfache Vibrationskompensation möglich, die insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Absichern einer schweren Maschine, wie beispielsweise einer hydraulischen Presse, verwendet wird. Eine derartig schwere Maschine erzeugt Erschütterungen, die sich in dem aufgenommenen Abbild des künstlichen Ziels als Vibrationen bemerkbar machen. Die Kompensation dieser Vibrationen ermöglicht die Vermeidung von unnötigen Fehlalarmen.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das definierte Lichtsignal gepulst.

[0026] Diese Maßnahme besitzt den Vorteil, daß die mittlere Leistung des definierten Lichtsignals beträchtlich reduziert ist, wodurch eine Energieeinsparung möglich ist. Darüber hinaus können bei einer geeigneten Synchronisation Fremdlichtstörungen sehr einfach unterdrückt oder zumindest reduziert werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese Maßnahme mit einer Lichtquelle im Infrarotbereich kombiniert wird, da in diesem Fall ein geeignetes Sperrfilter Fremdlichtstörungen aus dem sichtbaren Bereich zusätzlich unterdrückt.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung sind die Bildaufnahmeeinheit und die Lichtquelle in einem gemeinsamen Gerätegehäuse angeordnet.

[0028] Mit dieser Maßnahme ist eine besonders einfache Installation der Vorrichtung möglich, da so nur ein kompaktes Gerät montiert und ausgerichtet werden muß. Außerdem wird auf diese Weise der Verkabelungsaufwand nochmals beträchtlich reduziert. Des weiteren besitzt die Maßnahme den Vorteil, daß die Bildaufnahmeeinheit und die Lichtquelle in einer fest vorgegebenen Ausrichtung zueinander montiert sind. Dies vereinfacht den Installationsaufwand nochmals. Zudem ist die Gefahr von unbeabsichtigten Verschiebungen oder bewußten Manipulationen an der erfindungsgemäßen Vorrichtung nochmals beträchtlich reduziert.

[0029] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest die Bildaufnahmeeinheit mit einem nach unten geneigten Blickfeld angeordnet.

[0030] Bei einer derartigen Anordnung ist das Objektiv der Bildaufnahmeeinheit einer geringeren Verschmutzung ausgesetzt, was die Zuverlässigkeit der gesamten Vorrichtung erhöht und gleichzeitig den Wartungsaufwand verringert.

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Bildaufnahmeeinheit einen zeilenförmigen Bildsensor sowie eine Abtasteinheit auf.

[0032] Alternativ hierzu ist der Bildsensor in anderen Ausgestaltungen der Erfindung flächig ausgedehnt. Ein zeilenförmiger Bildsensor besitzt demgegenüber den Vorteil geringerer Materialkosten, da entsprechend weniger lichtempfindliche Bildpunkte erforderlich sind. Darüber hinaus ist die Gefahr von Fehlern und Funktionsausfällen infolge einer Signalkopplung zwischen benachbarten Bildpunkten reduziert, da es insgesamt erheblich weniger benachbarte Bildpunkte gibt. Als Abtasteinheit wird bevorzugt ein rotierender Spiegel verwendet, der das aufgenommene Abbild des künstlichen Ziels zeilenweise auf den Bildsensor projiziert. Besonders vorteilhaft ist es, wenn dies derselbe Spiegel ist, der auch zum Erzeugen eines flächig ausgedehnten Lichtsignals dient, da in diesem Fall der Material- und Konstruktionsaufwand geringer ist.

[0033] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Auswerteeinheit zumindest zweikanalig redundant aufgebaut.

[0034] Diese Maßnahme ermöglicht eine besonders große Fehlersicherheit, was im Hinblick auf den beabsichtigten Anwendungsbereich von besonderem Vorteil ist.

[0035] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der zuvor genannten Maßnahme ist die Auswerteeinheit diversitär aufgebaut.

[0036] Bei einem diversitären Aufbau sind die beiden jeweiligen Kanäle der Auswerteeinheit mit verschiedenen Bauelementen und/oder nach verschiedenen Konzepten aufgebaut, wodurch die Gefahr eines unerkannten Fehlers nochmals reduziert ist.

[0037] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist auch die Bildaufnahmeeinheit zweikanalig redundant aufgebaut.

[0038] Besonders bevorzugt ist es, wenn auch dieser zweikanalige Aufbau diversitär ist. Die Maßnahme besitzt den Vorteil, daß Fehler und Funktionsausfälle bei der Bildaufnahmeeinheit sehr einfach erkannt werden können. Zudem können auf diese Weise auch kurzzeitige Beeinträchtigungen, beispielsweise infolge umherfliegender Insekten, zuverlässig erkannt werden, so daß unnötige Fehlalarme vermieden sind.

[0039] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0040] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0041] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Draufsicht,

[0042] Fig. 2 eine erfindungsgemäße optische Schranke, die von zwei verschiedenen Objekten durchbrochen wird,

[0043] Fig. 3a-d verschiedene Abbilder des künstlichen Ziels bei der Anordnung gemäß Fig. 2,

[0044] Fig. 4 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0045] Fig. 5 ein Blockschaltbild der Vorrichtung gemäß Fig. 4,

[0046] Fig. 6 eine bevorzugte Anwendung der erfindungs-

gemäßen Vorrichtung, und

[0047] Fig. 7 ein definiertes Lichtsignal mit Positionsmarken.

[0048] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung in ihrer Gesamtheit mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet.

[0049] Die Vorrichtung 10 beinhaltet eine Bildaufnahmeeinheit 12 sowie eine Lichtquelle 14. Die Lichtquelle 14 erzeugt ein definiertes Lichtsignal 16 und bildet in Verbindung mit der Bildaufnahmeeinheit 12 eine optische Schranke 18 zum Absichern eines Gefahrenbereichs 20 einer automatisiert arbeitenden Maschine 22. Die Maschine 22 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Industrieroboter, der sich selbständig in Richtung des Pfeils 24 bewegen kann.

[0050] Die Bildaufnahmeeinheit 12 ist mit ihrer optischen Achse 26 in einem Winkel θ zu dem definierten Lichtsignal 16 angeordnet. Zudem befinden sich die Bildaufnahmeeinheit 12 und die Lichtquelle 14 in einem definierten Abstand D zueinander, wodurch ein in etwa rechtwinkliges Dreieck gebildet wird. Hierdurch ist es möglich, mit Hilfe an sich bekannter Triangulationsverfahren die Entfernung der Bildaufnahmeeinheit 12 zu einem Objekt zu bestimmen, das die optische Schranke 18 durchbricht.

[0051] Mit der Bezugsziffer 28 ist ein gegebener Hintergrund bezeichnet, im vorliegenden Fall beispielsweise eine Wand, auf den das definierte Lichtsignal 16 projiziert wird. Das Lichtsignal 16 ist dabei senkrecht zur Ansichtsebene ausgedehnt und bildet somit auf dem Hintergrund 28 eine linienförmige Kontur (hier nicht dargestellt).

[0052] Mit der Bezugsziffer 30 ist eine Auswerte- und Steuereinheit bezeichnet, die einerseits mit der Bildaufnahmeeinheit 12 und andererseits mit der Maschine 22 verbunden ist. Wenn ein Objekt (hier nicht dargestellt) die optische Schranke 18 durchbricht, wird dies von der Bildaufnahmeeinheit 12, deren Blickfeld hier mit der Bezugsziffer 32 bezeichnet ist, aufgenommen. Durch Vergleich mit einem Referenzbild, das einem ungestörten Abbild des definierten Lichtsignals (künstliches Ziel) entspricht, kann die Auswerte- und Steuereinheit 30 diesen Vorgang erkennen und die Maschine 22 abschalten oder anderweitig in einen gefahrlosen Zustand versetzen.

[0053] Bei der nachfolgenden Beschreibung der weiteren Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen dieselben Elemente wie in Fig. 1.

[0054] In Fig. 2 sind zwei verschiedene Situationen dargestellt, in denen ein Objekt die optische Schranke durchbricht. Im ungestörten Zustand erreicht das definierte Lichtsignal 16 aus der Lichtquelle 14 den gegebenen Hintergrund 28 und erzeugt auf diesem eine Lichtkontur 34. Durchbricht nun ein Objekt 36 einen oder mehrere Lichtstrahlen der Lichtquelle 14, so entsteht auf der Oberfläche 38 des Objekts 36 eine zweite Lichtkontur 40. Gleichzeitig verschwindet je nach der Größe des Objekts 36 die gesamte oder zumindest ein Teil der ursprünglichen Lichtkontur 34 auf dem Hintergrund 28. Aus Sicht der Bildaufnahmeeinheit 12 entsteht daher einerseits eine Abschattung und andererseits wird ein Teil der Lichtkontur 34 an eine andere Stelle im Raum versetzt.

[0055] Dies ist anhand der Darstellungen in Fig. 3 nochmals verdeutlicht. Fig. 3a zeigt das Abbild der ungestörten Lichtkontur 34, die im vorliegenden Fall eine linienförmige Ausdehnung aufweist. Fig. 3d zeigt demgegenüber das Abbild, das von der Bildaufnahmeeinheit 12 aufgenommen wird, wenn das Objekt 36 das definierte Lichtsignal 16 unterbricht. Wie zu erkennen ist, wird die Lichtkontur 34 auf dem Hintergrund 28 teilweise abgeschattet. Gleichzeitig wird die neue Lichtkontur 40 an einer anderen Stelle im Raum sichtbar. Durch Vergleich mit dem ungestörten Abbild der Lichtkontur 34, das insofern ein Referenzbild dar-

stellt, kann die Auswerte- und Steuereinheit 30 das Eindringen des Objekts 36 in den Gefahrenbereich erkennen und dementsprechend reagieren.

[0056] Mit Hilfe der bereits erwähnten Triangulationsverfahren kann die Auswerte- und Steuereinheit 30 des weiteren die Position der Lichtkontur 40 und damit die räumliche Position des Objekts 36 bestimmen.

[0057] Fig. 3b zeigt das Abbild des definierten Lichtsignals 16 in dem Fall, daß die Lichtkontur 34 auf dem Hintergrund 28 vollständig abgedeckt wird. Dies ist dann der Fall, wenn das Lichtsignal 16 vollständig abgedeckt wird. Ein Durchbrechen der Lichtschranke oder eine infolge der Abschattung entstehende Sicherheitslücke kann somit ebenfalls zuverlässig erkannt werden.

[0058] In Fig. 3c ist die Lichtkontur 34 mit einer Abschattung dargestellt, ohne daß eine weitere Lichtkontur 40 erkennbar ist. Eine derartige Situation ergibt sich, wenn ein Objekt 42 (Fig. 2) das Lichtsignal 16 durchbricht, ohne daß die Bildaufnahmeeinheit 12 die dabei neu entstehende Lichtkontur 40 aufnehmen kann. Auch in diesem Fall kann jedoch das Durchbrechen der optischen Schranke anhand der Abschattung in der Lichtkontur 34 erkannt werden.

[0059] In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 50 bezeichnet. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Bildaufnahmeeinheit 12 und die Lichtquelle 14 in einem gemeinsamen Gerätegehäuse 52 angeordnet. Die Bildaufnahmeeinheit 12 und die Lichtquelle 14 sind dementsprechend in einem festen Abstand D sowie in einem festen Winkel θ zueinander montiert. Die Bildaufnahmeeinheit 12 erfaßt die Lichtkontur (hier nicht sichtbar), die das definierte Lichtsignal 16 auf dem gegebenen Hintergrund 28 erzeugt. Das definierte Lichtsignal 16 stellt somit das künstliche Ziel dar, durch dessen Beobachtung die optische Schranke 18 aufgespannt wird.

[0060] Das Eindringen eines Objektes in das Blickfeld 32 der Bildaufnahmeeinheit 12 ist solange unschädlich, wie dabei das definierte Lichtsignal 16 bzw. die entsprechende Lichtkontur auf dem Hintergrund 28 nicht gestört werden. Infolgedessen kann sich die Auswertung der aufgenommenen Bilder auf das räumlich feststehende künstliche Ziel beschränken, wodurch der Bildverarbeitungsaufwand sehr gering gehalten wird.

[0061] In dem Blockschaltbild gemäß Fig. 5 ist der funktionelle Aufbau der Vorrichtung 50 erkennbar. Die Bildaufnahmeeinheit 12 beinhaltet ein Objektiv 54, das ein aufgenommenes Abbild auf einen Bildsensor 56 projiziert. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Bildsensor 56 zeilenförmig, so daß jeder lichtempfindliche Bildpunkt maximal zwei benachbarte Bildpunkte besitzt. In diesem Fall ist die Gefahr von Fehlern und Funktionsstörungen infolge von Übersprechen (Signalüberkopplung) erheblich reduziert. In anderen bevorzugten Ausführungsbeispielen ist der Bildsensor demgegenüber ein zweidimensional ausgedehnter, flächiger Bildsensor, was die Aufnahme größerer Bilder ermöglicht. Bevorzugt ist der Bildsensor 56 ein CMOS-Sensor, er kann jedoch auch in CCD-Technologie aufgebaut sein. Das Abbild des künstlichen Ziels wird bei diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel mit Hilfe eines rotierenden Spiegels (hier nicht dargestellt) zeilenweise auf den Bildsensor 56 projiziert.

[0062] Mit der Bezugsziffer 58 ist eine Sensoransteuerung bezeichnet, die sowohl die Bilddaten aus dem Bildsensor 56 ausliest, als auch geeignete Steuersignale an Letzteren überträgt. Die Sensoransteuerung 58 legt die ausgelesenen Bilddaten in zwei Bildspeichern 60a, 60b ab. In jedem der beiden Bildspeicher 60a, 60b ist zudem ein Referenzbild 62 abgespeichert, das einem ungestörten Abbild des künstlichen

Ziels entspricht. Bevorzugt sind anstelle eines vollständigen Referenzbildes nur charakteristische Werte des Referenzbildes abgelegt.

[0063] Mit den Bezugsziffern 64a, 64b sind zwei Prozessoren bezeichnet, die Steuerbefehle an die Sensoransteuerung 58 übertragen. Des weiteren führen die Prozessoren 64a, 64b den Vergleich der aufgenommenen Abbilder des künstlichen Ziels mit den abgespeicherten Referenzbildern 62 durch. Insgesamt ergibt sich damit ein zweikanaliger Aufbau der hier integrierten Auswerteeinheit, wobei ein der erste Kanal insgesamt mit der Bezugsziffer 66 und der zweite Kanal mit der Bezugsziffer 68 bezeichnet ist.

[0064] In dem vorliegenden, bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die beiden Kanäle 66, 68 mit Bauelementen verschiedener Hersteller, also diversitär aufgebaut. Die Prozessoren 64a, 64b der Kanäle 66, 68 können über einen Kommunikationskanal 70, beispielsweise in Form eines sogenannten Dual-Ported-RAM, kommunizieren. Hierdurch ist eine gegenseitige Überwachung und Funktionskontrolle möglich.

[0065] Mit der Bezugsziffer 72 ist eine Datenschnittstelle bezeichnet, über die die Vorrichtung 50 zu Konfigurations- und Diagnosezwecken an einen handelsüblichen PC angeschlossen werden kann. Mit der Bezugsziffer 74 sind fehlersichere Ausgänge bezeichnet, über die ein Alarmsignal und/oder Schaltsignale erzeugt werden, wenn ein Objekt die optische Schranke durchbricht. Gleiches gilt für den Fall, daß aufgrund eines internen Selbsttests bzw. der gegenseitigen Funktionskontrolle der beiden Kanäle 66, 68 ein interner Gerätefehler erkannt wird. Die Fehlersicherheit der Ausgänge wird bevorzugt durch eine redundante Auslegung erreicht.

[0066] Mit der Bezugsziffer 76 ist eine Busschnittstelle bezeichnet, über die die Vorrichtung 50 an ein sicheres Bussystem, beispielsweise dem sogenannten "SafetyBus p" der Anmelderin der vorliegenden Erfindung, angeschlossen werden kann. Über eine derartige fehlersichere Busschnittstelle können sowohl Konfigurations- und/oder Diagnosedaten, als auch Schalt- und Alarmsignale übertragen werden.

[0067] Mit der Bezugsziffer 78 ist eine Beleuchtungsansteuerung für die Lichtquelle 14 bezeichnet. Damit wird die Lichtquelle 14 hier gepulst angesteuert, wobei die Beleuchtungsansteuerung 78 über den Prozessor 64b mit der Bildaufnahmeeinheit 12 synchronisiert wird.

[0068] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Kombination mit einer mechanischen Absperrung 90 dargestellt. Die mechanische Absperrung 90 ist beispielsweise ein Schutzzaun, der um einen Industrieroboter herum angeordnet ist. In der Absperrung 90 ist ein Zugang 92 offengelassen, über den der abzusichernde Gefahrenbereich in Richtung des Pfeils 94 betreten werden kann. Mit Hilfe der Lichtquelle 14 wird auf den Boden und die seitliche Begrenzung des Zugangs 92 eine linienförmige Lichtkontur 96 projiziert, die mit der Bildaufnahmeeinheit 12 optisch überwacht wird. Tritt jemand durch den Zugang 92, wird die Lichtkontur 96 in der in Fig. 2 und 3 beschriebenen Weise unterbrochen, was von der zugehörigen Auswerteeinheit festgestellt werden kann.

[0069] Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels ist, daß das Blickfeld 98 der Bildaufnahmeeinheit 12 im wesentlichen nach unten gerichtet ist, wodurch Ablagerungen und Verschmutzungen auf dem Objektiv 54 der Bildaufnahmeeinheit 12 reduziert werden. Darüber hinaus zeigt dieses Ausführungsbeispiel, daß mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung von einer zentralen Stelle aus auch großflächige optische Schranken lückenlos überwacht werden können.

[0070] Fig. 7 zeigt eine linienförmige Lichtkontur 34, die um zusätzliche Lichtflecke 102 ergänzt ist. Die Lichtflecke

102 sind in dem aufgenommenen Abbild der Kontur 34 als einzeln erkennbar und können somit als Positionsmarken zum exakten Bestimmen der Position des künstlichen Ziels verwendet werden. Darüber hinaus ist mit Hilfe dieser Positionsmarken eine Kompensation von Vibrationen infolge von Maschinenbewegungen möglich.

[0071] In weiteren, hier nicht dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung sind weitere zusätzliche Lichtflecke 102 vorhanden, deren Abfolge einen individuellen Identifikationscode bildet. Damit können die einzelnen optischen Schranken sowie ihre jeweilige aktuelle Position exakt identifiziert werden, wodurch eine Manipulation, wie beispielsweise die Verschiebung oder Entfernung vorhandener Schutzgitter, verhindert werden kann.

[0072] In den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen der Erfindung kam zum Überwachen der optischen Schranke jeweils das Lichtschnittverfahren zum Einsatz. Abweichend oder ergänzend hiervon kann bei einer Anordnung gemäß Fig. 1 jedoch auch ein kontrastreiches Musterfeld auf den gegebenen Hintergrund 28 abgebildet werden. Die Bildauswertung kann dann beispielsweise nach dem Verfahren der DE 196 44 278 A1 erfolgen.

[0073] Des weiteren können in allen Ausführungsbeispielen Maßnahmen zur Kompensation von Verschmutzungen vorgesehen sein. Im einfachsten Fall beinhaltet dies, daß das jeweilige Referenzbild in vorgegebenen zeitlichen Abständen jeweils neu aufgenommen wird, wodurch eine schleichende Verschmutzung implizit kompensiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Absichern eines Gefahrenbereichs (20), insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine (22), wobei vor dem Gefahrenbereich (20) eine optische Schranke (18) erzeugt wird, mit den Schritten:

- Anordnen eines künstlichen Ziels (16) an einer definierten Position außerhalb des Gefahrenbereichs (20),
- Aufnehmen eines Abbildes des künstlichen Ziels (16) mit einer Bildaufnahmeeinheit (12),
- Vergleichen des aufgenommenen Abbildes mit charakteristischen Werten eines Referenzbildes (62), wobei das Referenzbild (62) einem ungestörten Abbild des künstlichen Ziels (16) entspricht,

dadurch gekennzeichnet, daß das künstliche Ziel (16) ein definiertes Lichtsignal ist, das mittels einer Lichtquelle (14) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) unter einem Winkel (8) zur optischen Achse (26) der Bildaufnahmeeinheit (12) erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (8) in einem Bereich zwischen 0° und 90°, bevorzugt im Bereich zwischen 15° und 45° gewählt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) auf einen gegebenen Hintergrund (28) projiziert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) flächig ausgedehnt erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) Positionsmarken (102) zum Bestimmen einer aktuellen Position des künstlichen Ziels beinhaltet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) gepulst wird.

8. Vorrichtung zum Absichern eines Gefahrenbereichs (20), insbesondere des Gefahrenbereichs einer automatisiert arbeitenden Maschine (22), mit einer Bildaufnahmeeinheit (12) und mit einem künstlichen Ziel (16), das an einer definierten Position außerhalb des Gefahrenbereichs (20) angeordnet ist, ferner mit einer Auswerteeinheit (30), die ein aufgenommenes Abbild des künstlichen Ziels (16) mit charakteristischen Werten eines Referenzbildes (62) vergleicht, wobei das Referenzbild (62) einem ungestörten Abbild des künstlichen Ziels (16) entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (10) eine Lichtquelle (14) beinhaltet, die ein definiertes Lichtsignal an eine Position außerhalb des Gefahrenbereichs (20) projiziert, wobei das definierte Lichtsignal das künstliche Ziel (16) darstellt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (14) das definierte Lichtsignal (16) unter einem Winkel (A) zur optischen Achse (26) der Bildaufnahmeeinheit (12) abgibt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (8) in einem Bereich zwischen 0° und 90°, bevorzugt im Bereich zwischen 15° und 45°, liegt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (14) das definierte Lichtsignal (16) auf einen gegebenen Hintergrund (28) projiziert.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (14) das definierte Lichtsignal (16) flächig ausgedehnt erzeugt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) Positionsmarken (102) zum Bestimmen einer aktuellen Position des künstlichen Ziels beinhaltet.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das definierte Lichtsignal (16) gepulst ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildaufnahmeeinheit (12) und die Lichtquelle (14) in einem gemeinsamen Gerätegehäuse (52) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Bildaufnahmeeinheit (12) mit einem nach unten geneigten Blickfeld (98) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildaufnahmeeinheit (12) einen zeilenförmigen Bildsensor (56) sowie eine Abtasteinheit aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (30) zumindest zweikanalig (66, 68) redundant aufgebaut ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (30) diversitär aufgebaut ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildaufnahmeeinheit zweikanalig redundant aufgebaut ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

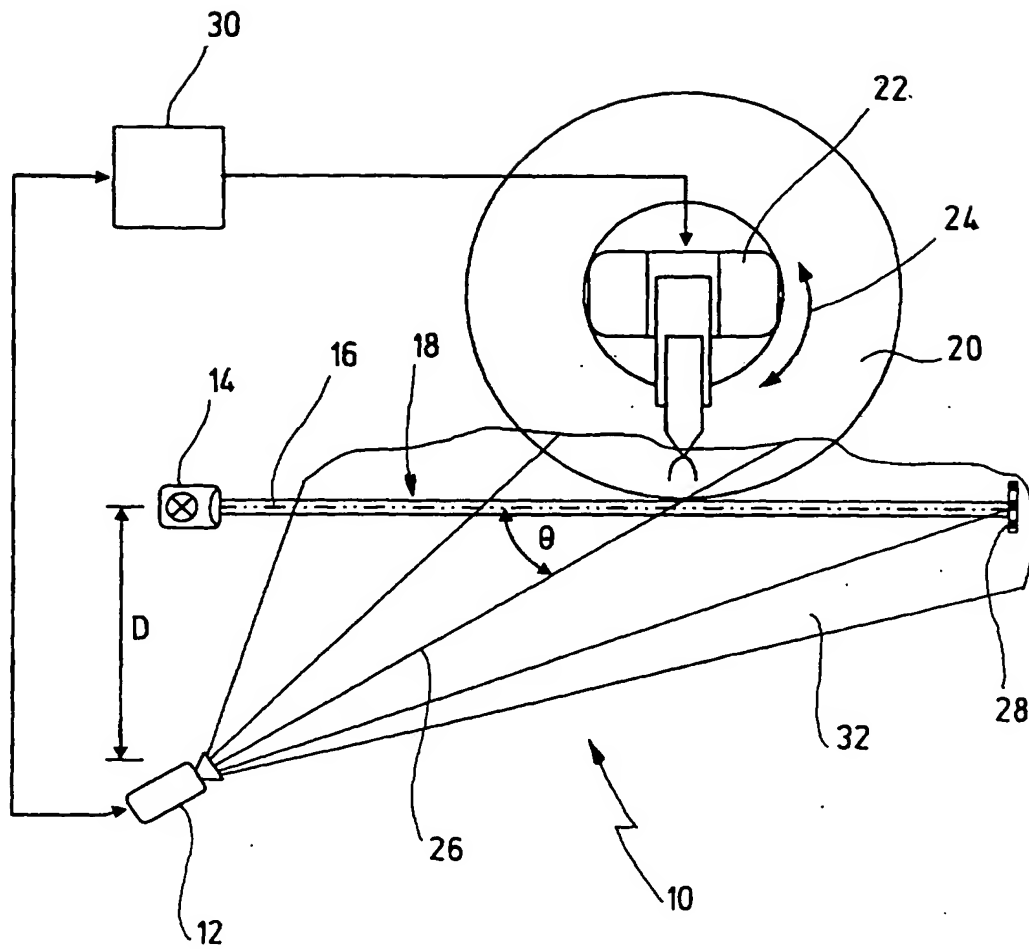


Fig.1

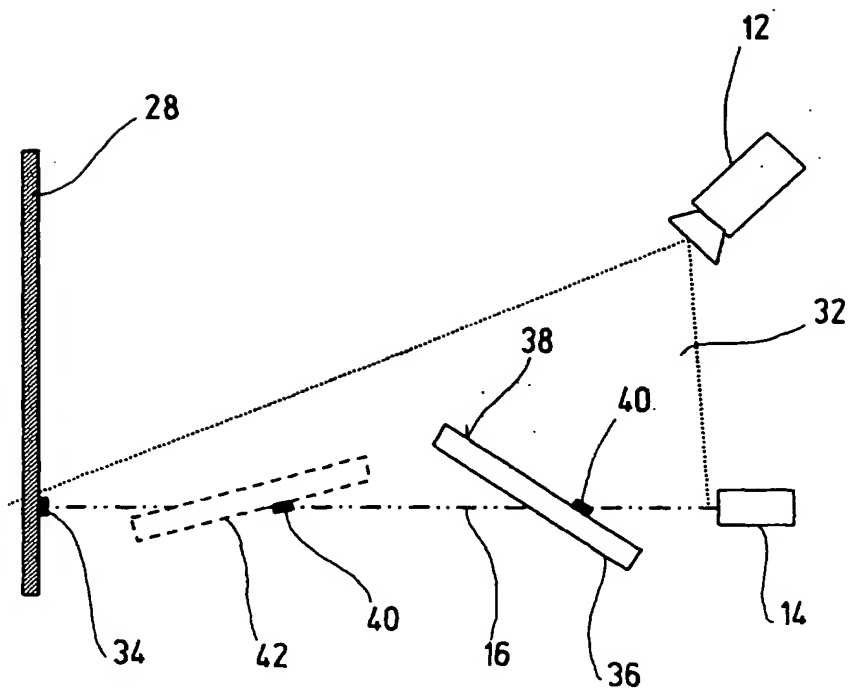


Fig.2

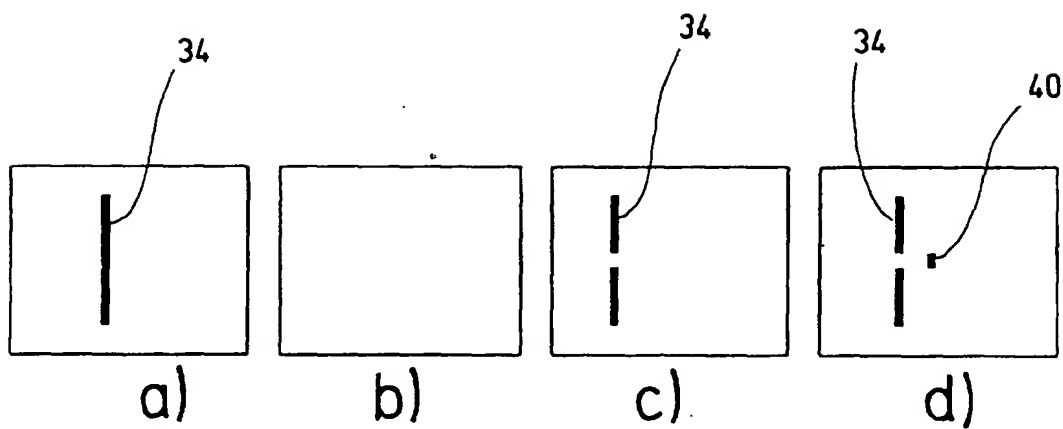


Fig.3

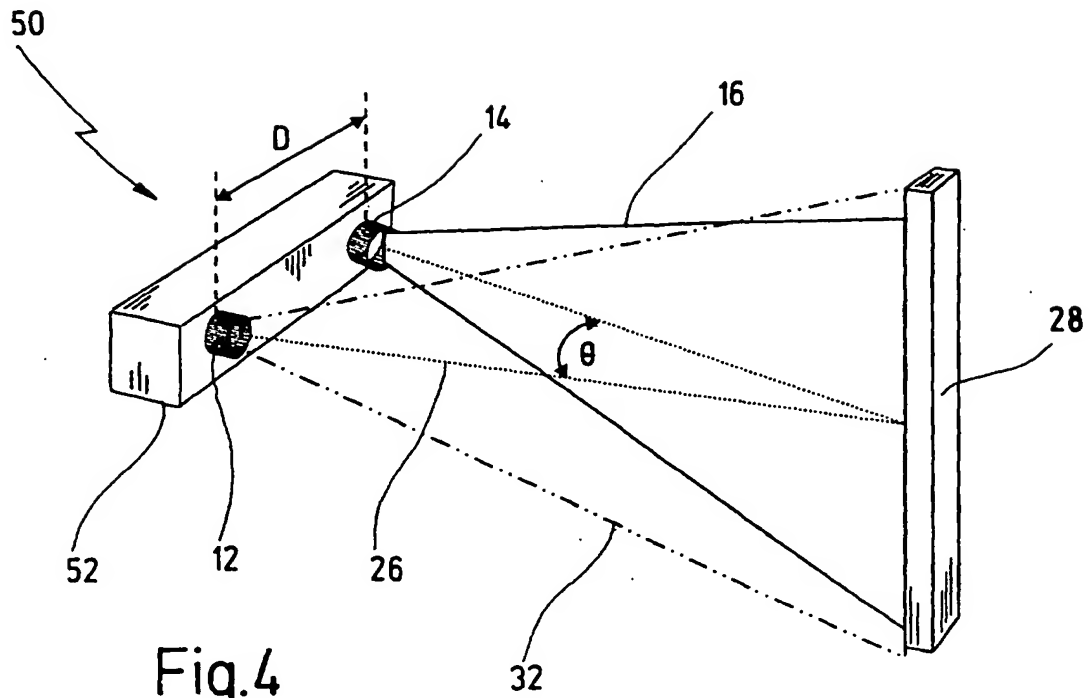


Fig. 4

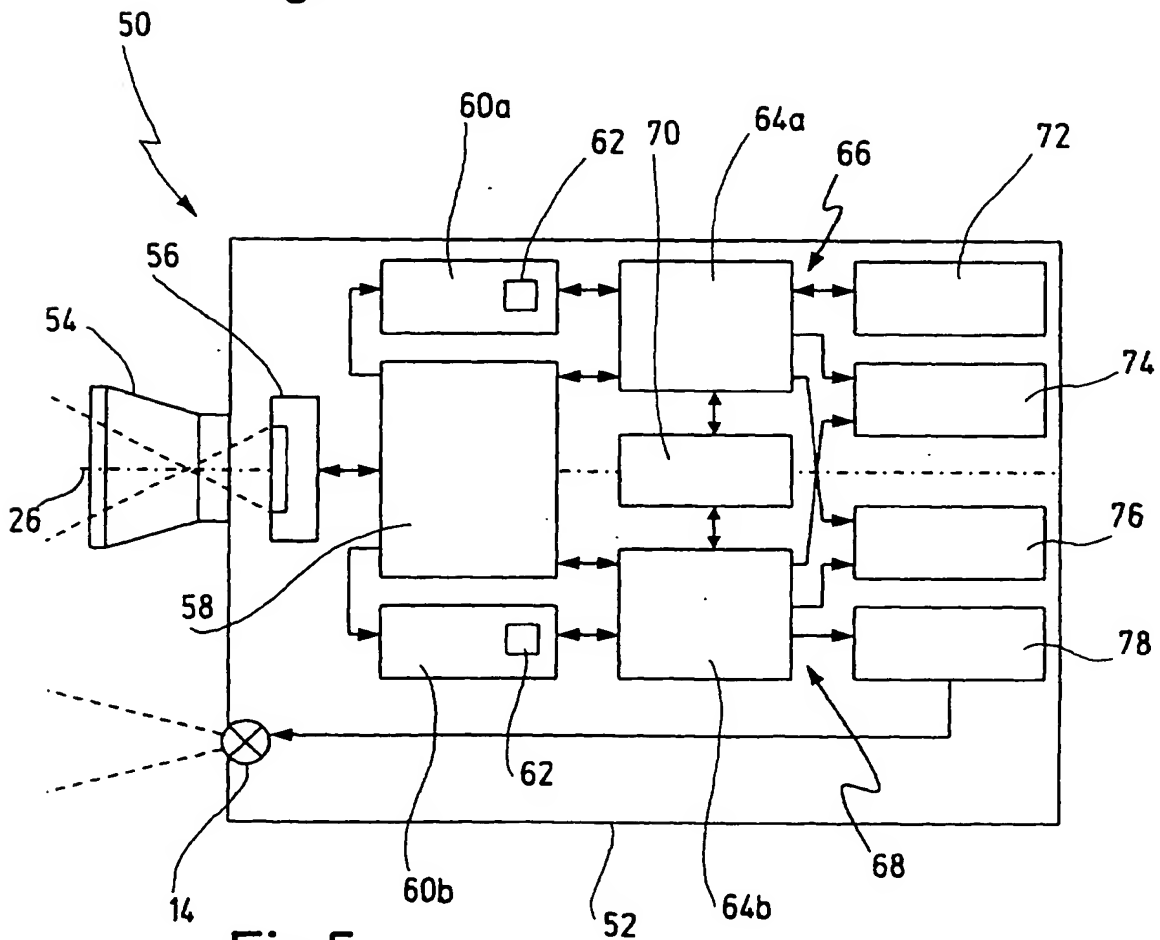


Fig. 5

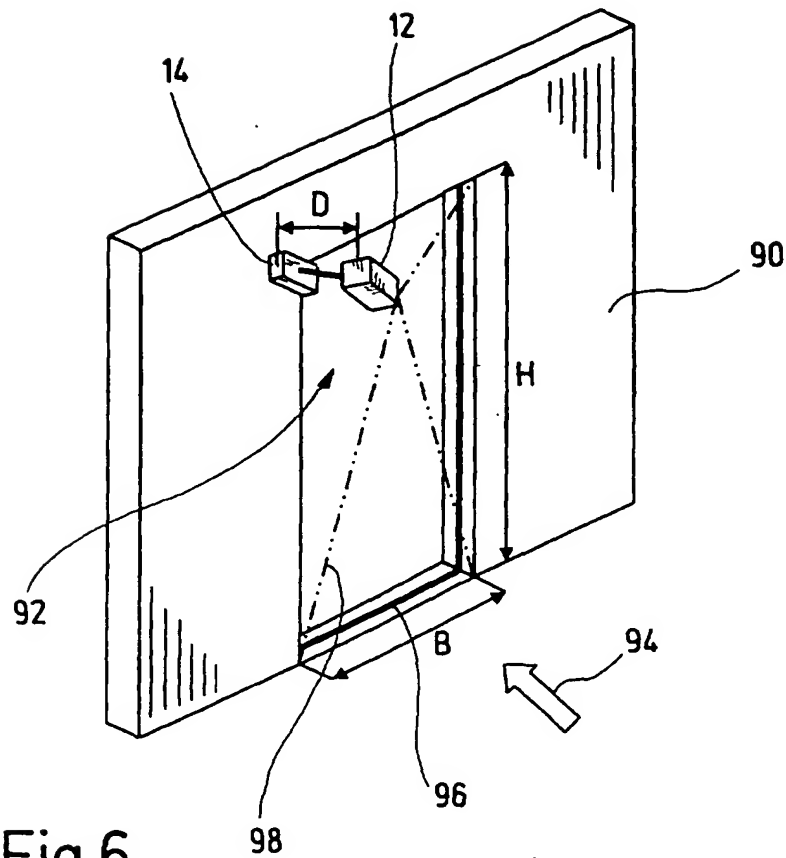


Fig.6



Fig.7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.